

# ハイマツ・マツ試料を用いた 放射性炭素( $^{14}\text{C}$ )濃度測定

○武山 美麗<sup>1,2</sup>, 森谷 透<sup>1,2</sup>, 櫻井 敬久<sup>2</sup>, 門叶 冬樹<sup>1,2</sup>,  
塔 隆志<sup>3</sup>

<sup>1</sup>山形大学高感度加速器質量分析センター,

<sup>2</sup>山形大学理学部, <sup>3</sup>東京大学宇宙線研究所

# 「乗鞍高度における宇宙線生成核種濃度の観測」

研究代表者：山形大学理学部 門叶冬樹

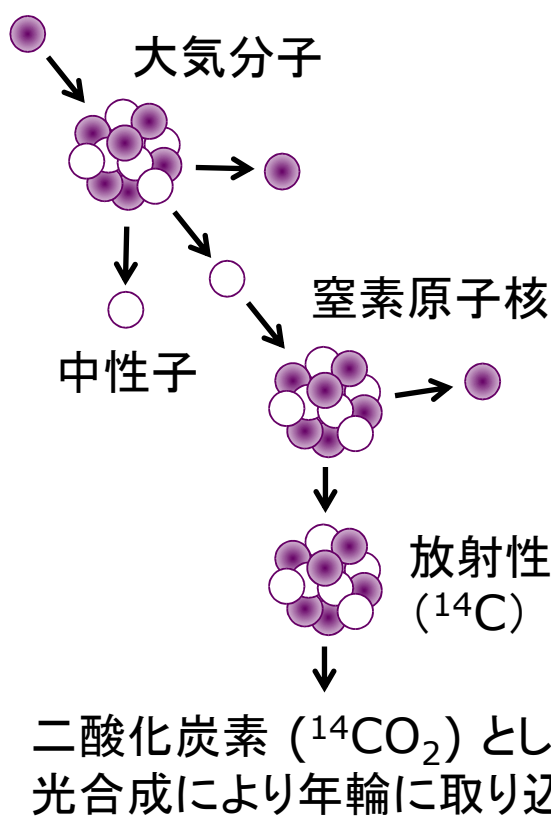
2023年度査定額 旅費：100千円

使用内訳：乗鞍観測所でのサンプリングのための旅費

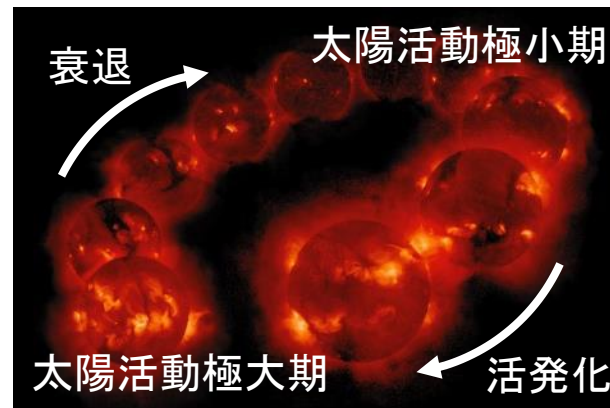
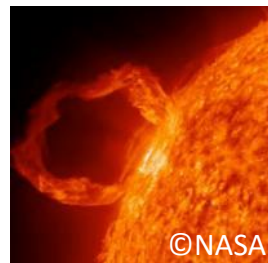
ご支援ありがとうございます

# 過去の宇宙線増加現象および太陽活動の変化

高エネルギー  
宇宙線(陽子)



太陽フレア



超新星爆発



ガンマ線バースト



二酸化炭素 ( $^{14}\text{CO}_2$ ) として循環し  
光合成により年輪に取り込まれる



古木試料の1年輪ごとの  
 $^{14}\text{C}$ 濃度を測定することで  
過去の宇宙線増加現象  
および太陽活動を調べる  
ことができる

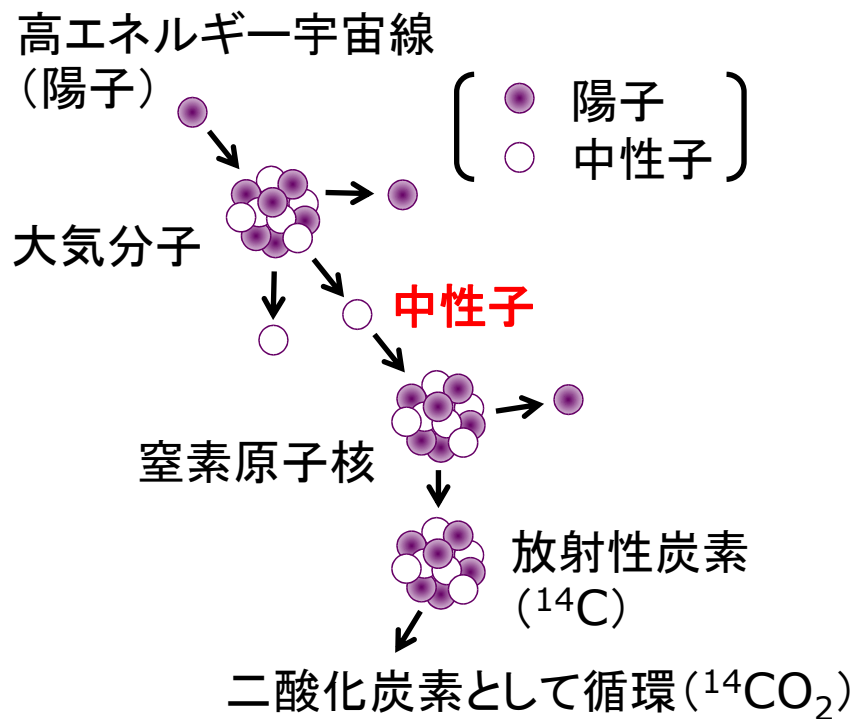
過去の宇宙線増加現象を探索(名古屋大 三宅先生)

F. Miyake et al., Nature. 486, 240-242 (2012), F. Miyake et al., Front. Astron. Space Sci. 9, 886140 (2022)

過去の太陽活動を復元(武蔵野美術大 宮原先生)

H. Miyahara et al., Sci. Rep. 11, 5482 (2021), H. Miyahara et al., Geophys. Res. Lett., 49, e2021GL097201 (2022)

# 現在の $^{14}\text{C}$ 濃度の測定

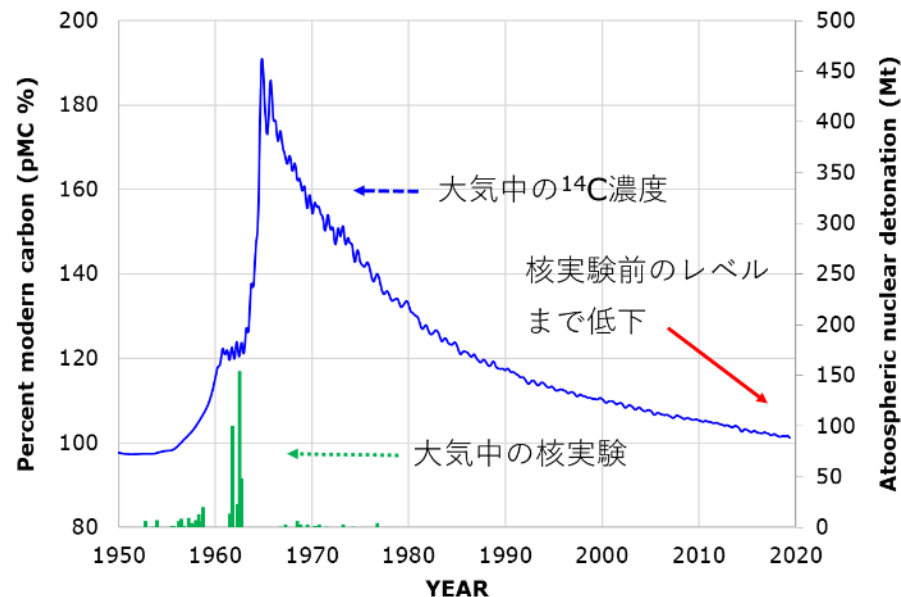


光合成により  
取り込まれる

単年性の植物  
を用いてリアル  
タイムに観測



## 核実験の影響



人間活動の影響を受けにくいと期待される**森林限界に生育する高山植物(ハイマツ)**をターゲット。

現在、核実験以前に近い値まで $^{14}\text{C}$ 濃度が低下し、**宇宙線強度変動**を一年の時間分解能で**ダイレクトに観測**できる可能性あり。

# 測定に使用した試料

## ハイマツ・マツの球果および葉試料



- 単年性の試料で一年の時間分解能で測定可能

- 山地にハイマツ、平地にマツが生育しており、同じマツ科マツ属で高度に対する $^{14}\text{C}$ 濃度の比較が可能

⇒ 2018年から1年ごとに6年間試料を採取

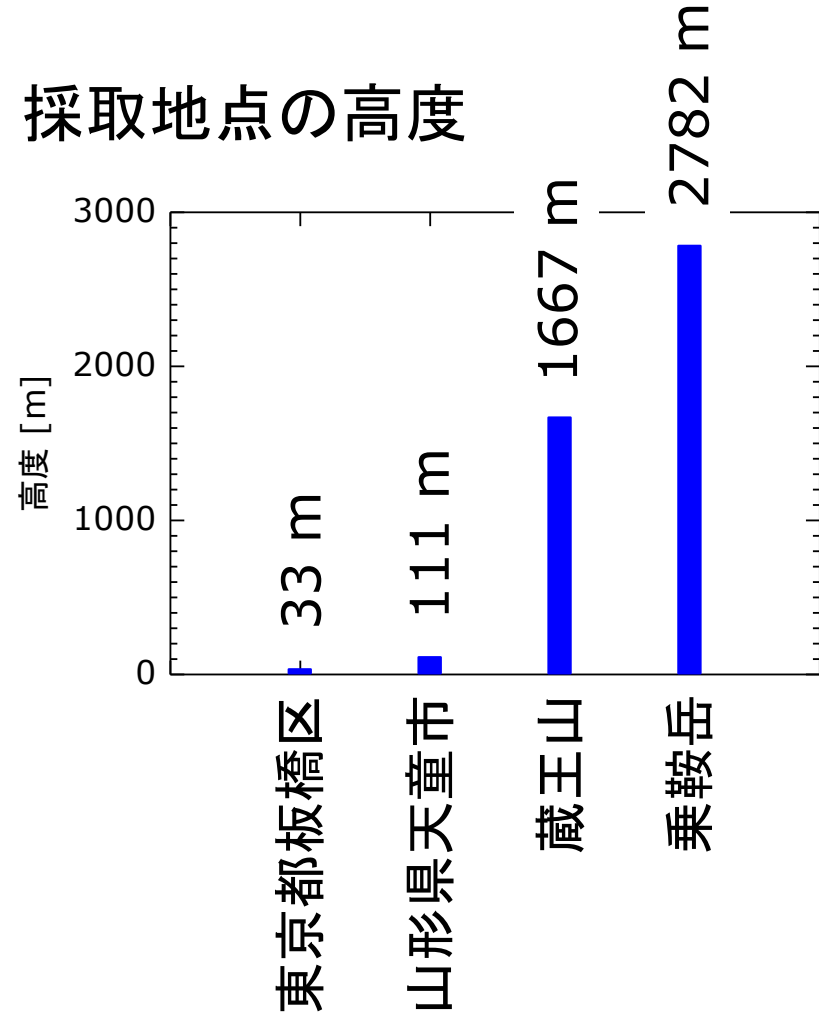
## 排気ガスの影響



# ハイマツ・マツ試料の採取地点



## 採取地点の高度



# 許可証

環境省および森林管理局の  
許可を得て、ハイマツの球果  
および葉を採取

環中中国許第2306083号  
令和5年6月8日

山形大学小白川キャンパス長  
大西 彰正 殿

中部地方環境事務所長  
中山 隆治

自然公園法（昭和32年法律第161号）第21条第3項の規定に基づき、貴殿の  
次の申請に係る行為を許可する。

国立公園名 中部山岳国立公園

地 域 特別保護地区

申請年月日 令和5年5月30日

行為の種類 木竹の損傷

- 損傷する場所  
岐阜県高山市丹生川町岩井谷乗鞍岳
- 損傷する種類及び数量  
ハイマツ 葉10本、球果2個
- 損傷する方法  
ハサミ、ピンセットにより採取

【機密性2情報】

【署内限り】

様式第79号

5飛管第 349号  
令和5年 6月28日

門叶 冬樹 殿

飛騨森林管理署長

## 高山植物等採取許可証

令和5年6月16日付けで申請のあった高山植物等の採取について下記のとおり許可します。

### 記

- 採取者氏名 申請書のとおり
- 採取期間 自 令和5年 8月 1日 至 令和5年10月31日
- 採取場所 申請書のとおり
- 植物の種類及び数量の指定 申請書のとおり
- 注意事項  
(1) 入林中は、この許可証を携行して下さい。  
(2) 高山植物等の採取にあたっては、自然公園法（昭和32年法律第161号）、絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律（平成4年法律第75号）、文化財保護法（昭和25年法律第214号）、森林法（昭和26年法律第249号）、自然環境保全法（昭和47年法律第85号）、鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律（平成14年法律第88号）等関係法令を遵守し、これに基づく必要な手続を済ませた上で行って下さい。  
(3) 採取時に当署職員が立ち会う場合があるので、事前に入林日時を必ず森林管理（支）署に連絡して下さい。  
(4) 採取時に、他の草木類に損傷を与えないよう十分注意して下さい。また、植生の踏みつけを最小限にするともに、採取跡地を整えて下さい。  
(5) 採取地点は、国有林野の風致の維持に影響を及ぼさない場所として下さい。  
(6) 国有林野及び産物その他に損害を加えた場合は、森林管理（支）署職員の指示に従い、原状回復又は弁償金を納付して下さい。  
(7) 別紙、入林に際しての遵守事項を遵守して下さい。

# 乗鞍岳におけるハイマツの採取



東大宇宙線研 乗鞍観測所付近  
標高約2,770 m

採取時の様子



# 乗鞍岳で採取したハイマツの写真① (採取日: 2019/9/26)

球果

葉



# 乗鞍岳で採取したハイマツの写真② (採取日:2023/9/2)

球果



葉



# ハイマツ球果の種子

乾燥後、種子を採取



ハイマツ球果  
の断面図



斎藤新一郎「木と動物の森づくり」  
p.159

種子の写真



<https://ja.wikipedia.org/>

- $\Delta^{14}\text{C}$ 値の測定にはハイマツ・マツ試料の球果から種子を採取して使用
- 種子の中の実(白い部分)は前処理で溶けるため、外種皮を測定

# 測定に使用した種子と葉

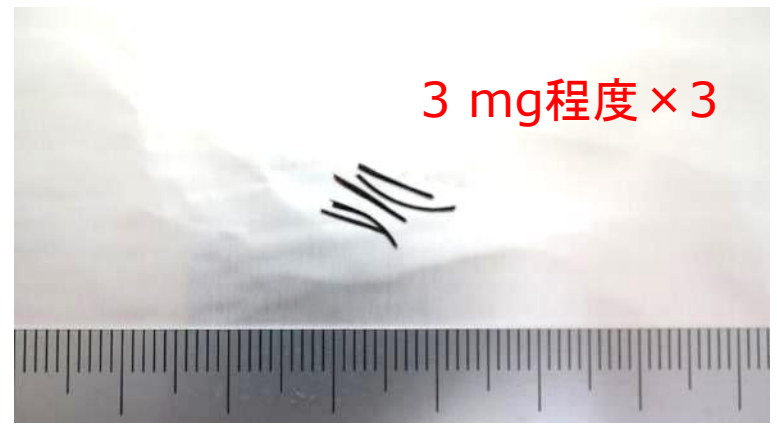
前処理後の種子



前処理後の葉



1つの種子から3つ測定



葉10本から3つ測定

# 14Cの測定①

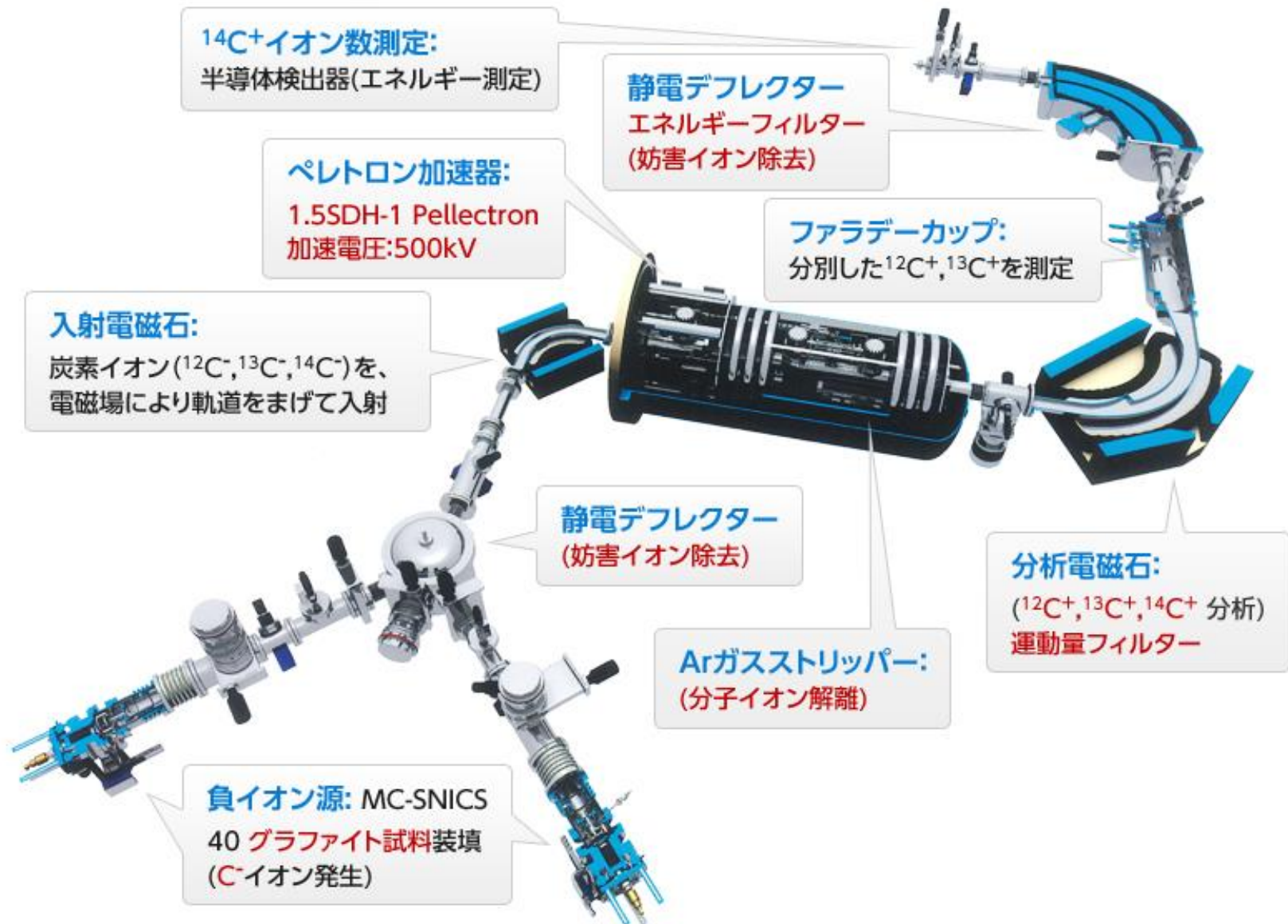
## 採取したハイマツ試料



## グラファイト試料の作製

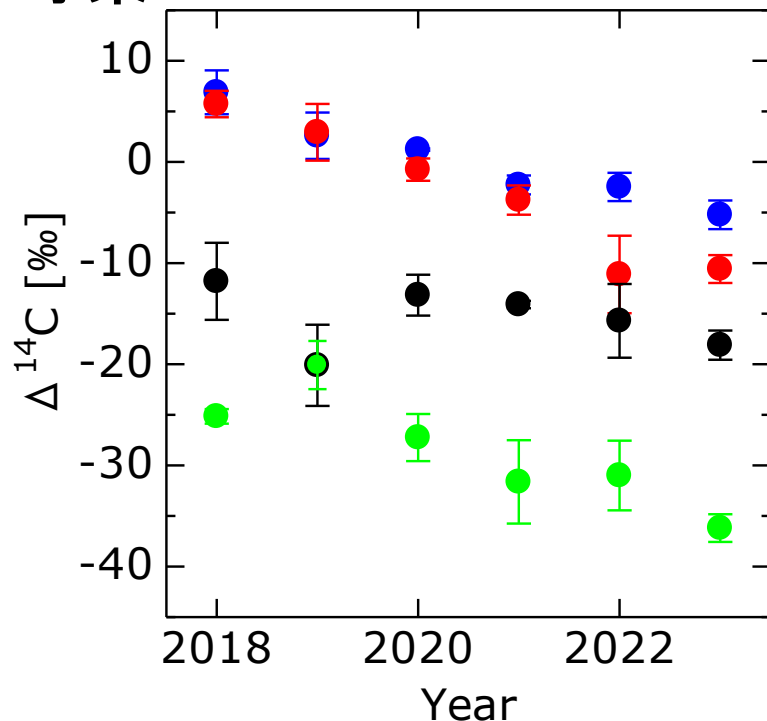


# $^{14}\text{C}$ の測定②

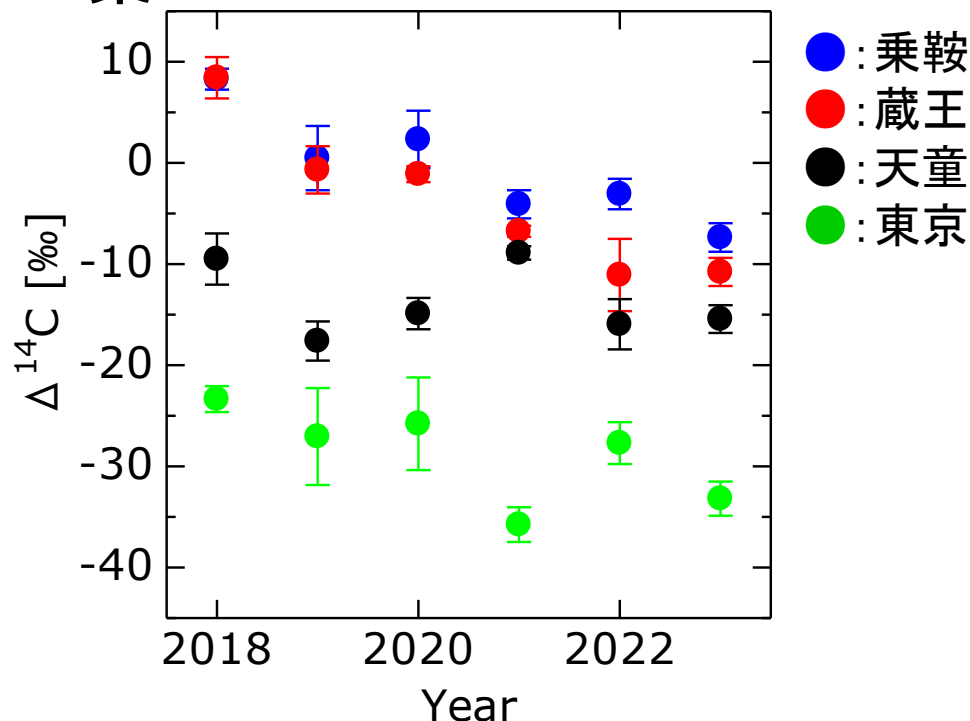


# ハイマツ・マツの球果と葉の $\Delta^{14}\text{C}$ 値

## 球果

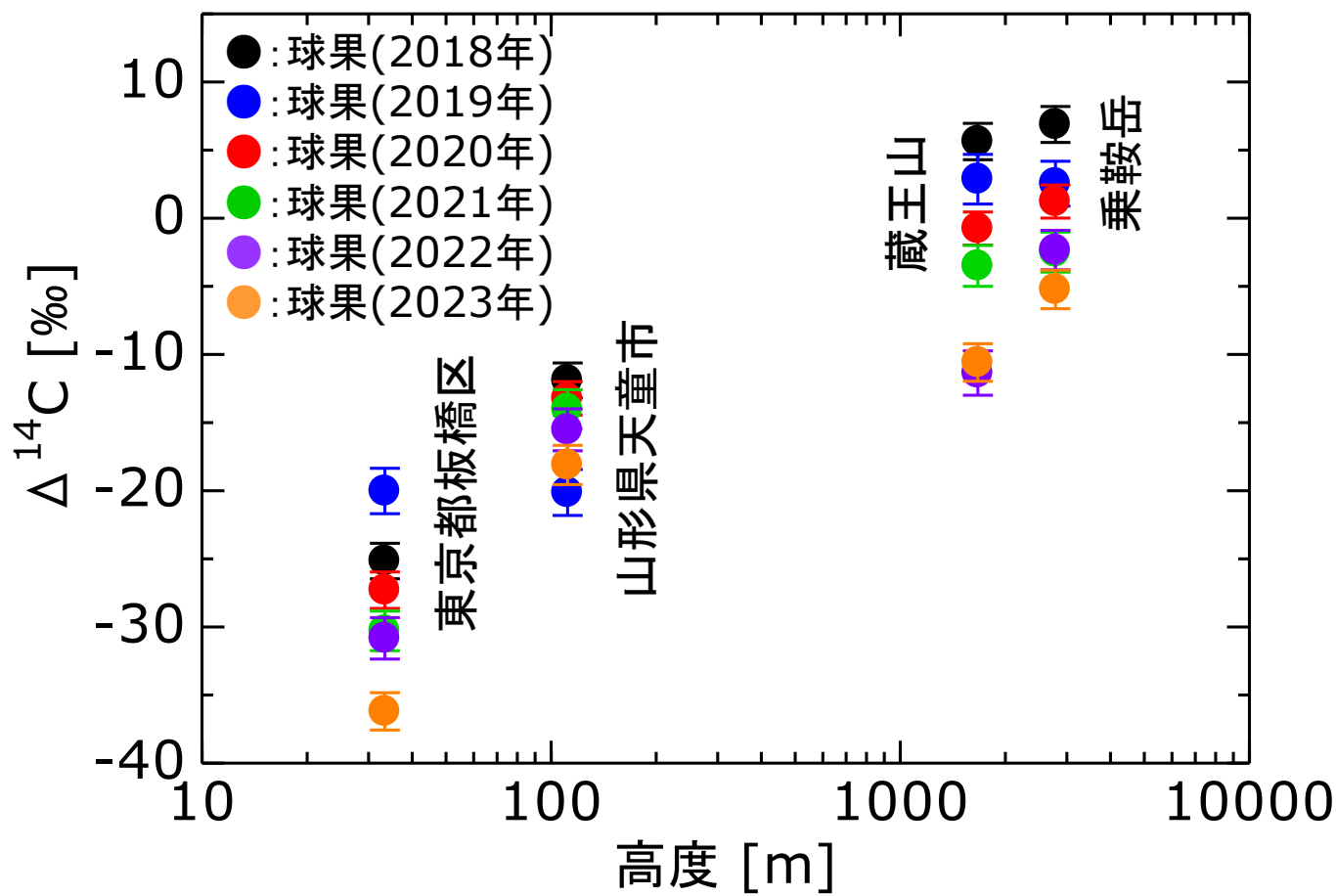


## 葉



- 山地(乗鞍・蔵王)での $\Delta^{14}\text{C}$ 値は2018年から2023年にかけて減少傾向を示した
- 平地(天童・東京)での $\Delta^{14}\text{C}$ 値は山地と比較してどの年も低い値を示した

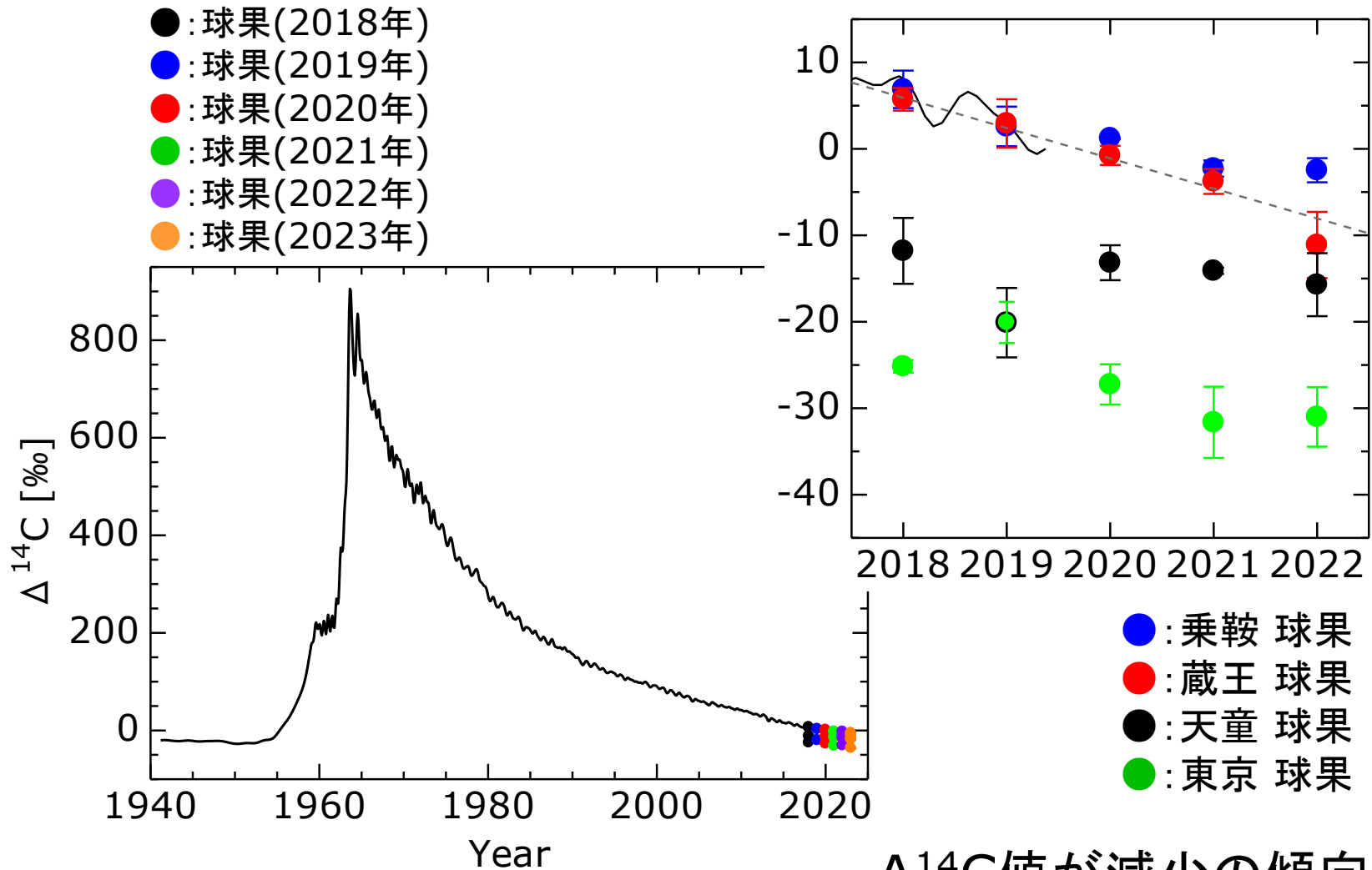
# 採取場所の高度に対する $\Delta^{14}\text{C}$ 値



平地は山地より $\Delta^{14}\text{C}$ 値が低い  $\Rightarrow$  化石燃料の影響が考えられる



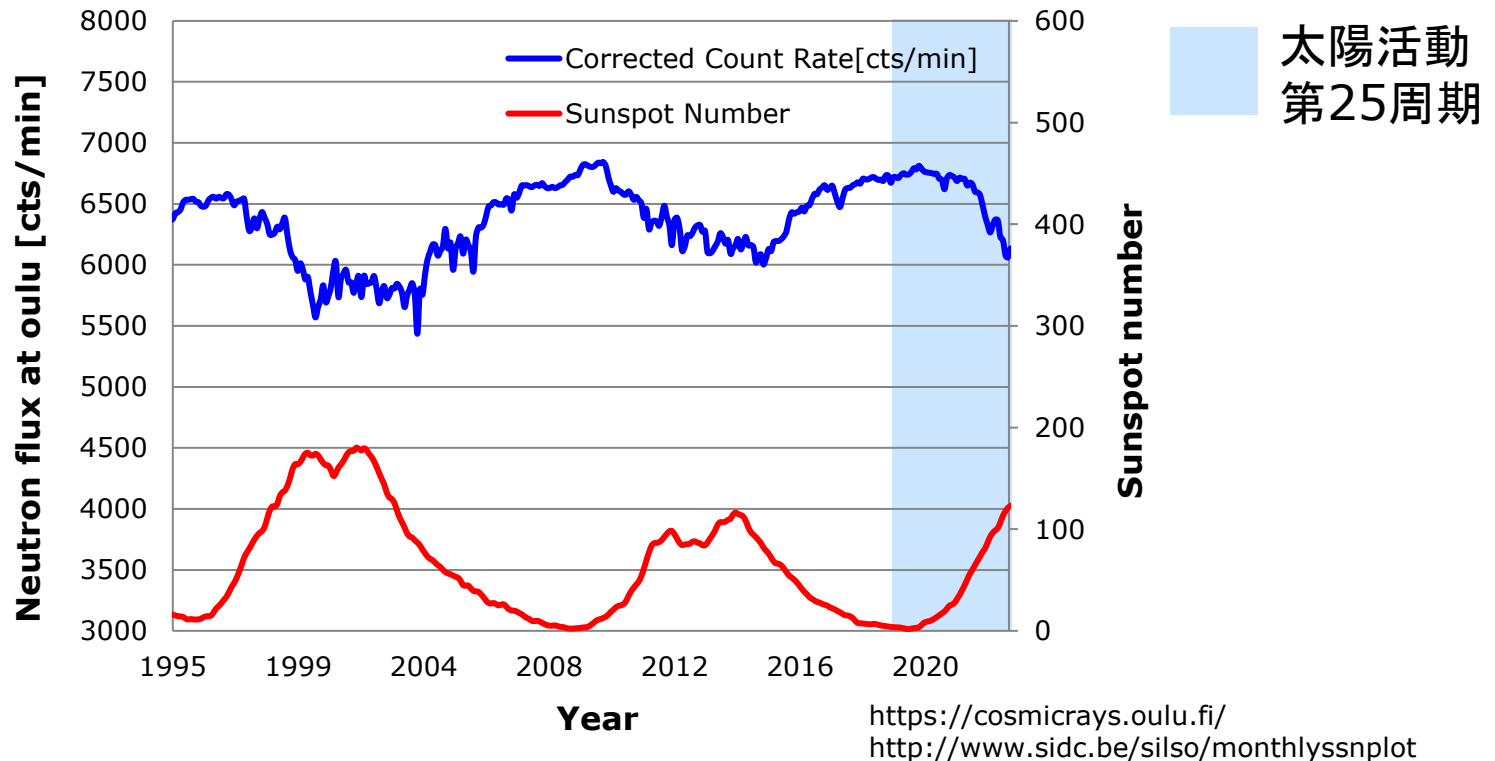
# $^{14}\text{C}$ のボムカーブと測定した $\Delta^{14}\text{C}$ 値



Q. Hua et al. (2022)

$\Delta^{14}\text{C}$ 値が減少の傾向

# 太陽活動の宇宙線に対する影響



太陽活動が弱くなる (黒点数が減少) → 太陽の磁場の強さが低下 → 地球に飛来する宇宙線が増加 → 大気中の<sup>14</sup>C増加

2025年に太陽活動第25周期のピークが予想されるので、引き続き観測を行う

# まとめと今後の展望

ハイマツ・マツ試料を国内4地点で採取し、 $^{14}\text{C}$ 濃度の測定を行った結果、

- 高度依存性があることがわかった。
- 乗鞍と蔵王における球果および葉中の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は2018年から2023年にかけて減少傾向を示した。
- 乗鞍と蔵王の球果中の $\Delta^{14}\text{C}$ 値はボムカーブの影響を反映していたのに対し、天童と東京では化石燃料による影響が示唆された。

⇒ 今後の課題

- 太陽活動第25周期と $^{14}\text{C}$ 濃度変動との関係を調べるために、継続して測定を行う。
- BOXモデルを用いて太陽活動の11年周期や宇宙線増加現象の検証を行いたいと考えている。